降雨時における農耕地からの粒子態物質の流出特性

山口大学　学生会員　史　秀華
山口大学　正会員　○樋口　隆哉
山口大学　エルキン・ユヌス
山口大学　正会員　浮田　正夫

1　はじめに

近年，土壌汚染に由来する地下水の汚染や閉鎖性水域の富栄養化などが問題になっている。その主要な原因は農業排水を中心とした面源負荷であると考えられている。そして現在，日本だけでなく世界的にも海やダム，湖沼などの富栄養化に関する研究の中で，農耕地からの汚濁負荷の流出問題が最重要課題の一つとして指摘されている。しかし，降雨時の流出水に伴う土壌に粒子態として含まれる栄養塩が閉鎖性水域の富栄養化にどのような影響を与えているのかという点について，十分な答えはなされていない。本研究ではこのような背景から，面源負荷として降雨時にどのような粒度の土壌粒子が流出するのか，また比流量，流出水のSS，粒径およびリンの関係を把握するために，各種農耕地からの表面流出水について調査を行った。

2　調査概要

降雨時調査は2001年5月から10月まで10回実施した。調査地点は山口県阿知須町の水田，畑地，傾斜畑地および山口県宇部市の水田,畑地,茶園の6地点を選定した。これらの調査地を水田Ⅰ，Ⅱ，畑地Ⅰ,Ⅱ，傾斜畑地および茶園として，その概要を**表1**に示す。農地によっては流出水が少ない場合があり，実際の調査回数は水田Ⅰ，水田Ⅱ，畑地Ⅱおよび茶園で9回，畑地Ⅰで7回，傾斜畑地で5回であった。調査では降雨強度，流出水流量を観測するとともにサンプル水の採取を行った。採水は降雨による流出の開始時から30～40分間隔で行い，採水場所は水田Ⅰ，Ⅱと畑地Ⅰでは排水口，畑地Ⅱと茶園では集水域排水水路の出口，傾斜畑地では地表に自然に流れた水路であった。持ち帰ったサンプルについては以下の分析を行った。まず粒度分布測定装置（堀場製作所製 LA-920）を用いて粒度分布を測定した。粒子態リン(P-TP)については，GA100（孔径1μm）でろ過してSSを測定し，未ろ過水の全リン(TP)およびろ過水の溶存態リン(S-TP)を測定して，TPの量からS-TPの量を差し引くことによって求めた。

表1　降雨時の調査地概要＊

調査地	面積	勾配	作　物
水田Ⅰ	0.40	－	稲
水田Ⅱ	0.25	－	稲
畑地Ⅰ	0.15	－	タマネギ，タバコ
畑地Ⅱ	1.41	5	タバコ，ニンニク，大根
傾斜畑地	0.03	5.5	タバコ
茶園	2.21	7.4～11	お茶

＊　面積単位：ha　　勾配：%

表2　降雨データ

2001年/月/日	5/21	5/30	6/13	6/19	7/6	7/12	8/3	9/14	9/30	10/9
総降雨量(mm/d)	33	43	39	158	75.5	85.5	30	68	48	53
最大降雨強度 (mm/hr)	6.5	9.5	11	41	16.5	20.5	7.5	60	9.5	11.5
平均降雨強度(mm/hr)	3	3	4	9	5.5	6	3	17	5	5.5
降雨継続時間(hour)	12	14	10	18	14	14	11	4	9	10
先行晴天日数(day)	12	2	6	0	0	0	3	6	14	7
先行降雨量(mm)	3	2.5	5.5	7	21.5	12	0.5	0.5	1.5	8.5

3　結果および考察

（1）降雨データ

対象降雨の概要を**表2**に示す。5月下旬頃の初期は一般的に午後から次第に雨が降り，晩頃に断続的に強く降った。6月，7月の梅雨の時期になると，早朝からかなりまとまった雨が降り，一時激しい雨があった。10降雨すべて総降雨量が30mm以上で，最大総降雨量は158mmと大きかった。最大降雨強度は6.5～60 mm/hr

キーワード　農耕地，富栄養化，粒子態物質，流出特性
連絡先　〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科　TEL 0836-85-9313

と約９倍の開きがあり，先行晴天日数と先行降雨量は10降雨の状況でかなり異なっていた。これらは土壌成分の流出に影響すると考えられる。

（２）流出土壌の粒度分布

図１は６ヶ所合わせて４種類の農耕地からの降雨時流出水を分析した際の比流量と流出土壌粒径（メジアン径）の関係である。水田ではメジアン径の範囲が0.3～7.2μｍであり，比流量による変化は明らかではない。畑地では多くが比流量3mm/hr以下であったが，メジアン径は5.0～11.7μｍであった。傾斜畑地ではサンプル数が８個しかないが，メジアン径と比流量の明確な関係は見られない。茶園の場合はメジアン径の範囲が0.2～8.8μｍと広く，かつ比流量3mm/hr以下に分布している。この原因としては，茶園表面には厚い落葉と独特の腐植土が存在するために短期的な流出を軽減し，土壌粒子流出を防ぐことなどが考えられる。以上の結果を全体的に見ると，４種類の農耕地から採取した全サンプル147個のうち95%が10μｍ以下であり，採取場所が違っても流出水のメジアン径はある程度の範囲内に収まることがわかった。

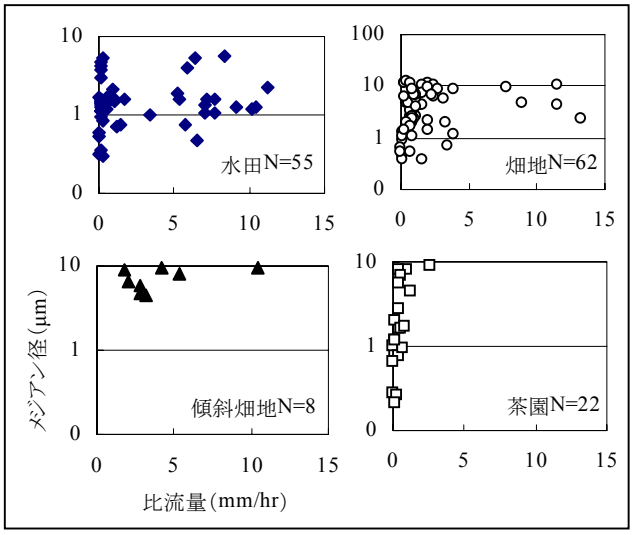

図１　農地流出水の比流量と粒径の関係

（３）比流量･SS比負荷量･粒径･SS中のリンの相関

畑地Ⅱを一例として，比流量とSS比負荷量，SS比負荷量とメジアン径，メジアン径とSS当たりリン濃度(P-TP/SS)のそれぞれの関係を**図２**に示した。比流量とSS比負荷量の関係はSS比負荷量がほぼ比流量の２乗に比例する関係が得られ，比流量が大きくSS濃度が高いときにはメジアン径が大きい傾向が見られた。メジアン径とP-TP/SSの間にはややばらつきがあるものの，メジアン径が大きくなるとP-TP/SSが小さくなる傾向があった。

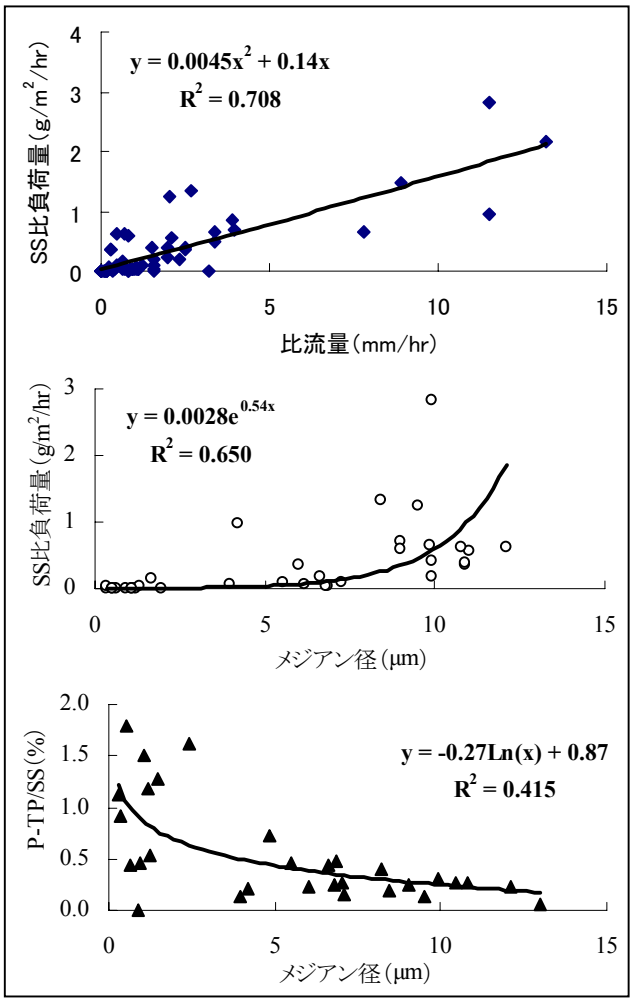

図２　畑地における比流量･SS比負荷量･粒径･SS当たりリンの関係

一方，孔径の異なる５種類のろ紙（1，0.45，0.22，0.10，0.025μｍ）で降雨時流出水をろ過し，P-TPを分析したところ，一般にGA100（孔径１μｍ）で捕捉されるP-TPの割合が低かった。孔径0.22μｍ以下のろ紙を用いた場合は安定した結果となったが，0.22～１μｍの間の微粒子に付随したリンの割合が相当存在することが分かった。孔径１μｍのろ紙を用いた場合，TPに対するP-TPの割合は平均27%に過ぎないが，孔径0.22μｍのろ紙を用いた場合は平均64%になる。これらのことから，降雨時の表面流出水中に存在する粒子態物質のうち，孔径１μｍのろ紙で捕捉できない，更に小さな粒子分に注意しなければならないことが分かった。

4　結論

比流量･SS比負荷量･粒径･SS中のリンの関係から，農地毎に比流量が決まれば降雨時粒子態リンの流出量を予測できる。また流出水のメジアン径は10μｍ以下であり，リンは微粒子に吸着するものが多かった。